

Viande à l'herbe et antioxydants

Comment améliorer la valeur nutritionnelle de la viande rouge par l'apport d'antioxydants ?

Mots clés : herbe, antioxydant, nutrition, acides gras insaturés, lipoperoxydation,

Auteurs : Hugo Leroy¹, Marie-Pierre Ellies-Oury^{1,2}, Denys Durand²

¹ Bordeaux Sciences Agro, CS 40201, 33175 Gradignan Cedex

² INRAE, Clermont-Ferrand, VetAgro Sup, UMR1213, Recherches sur les Herbivores, F-63122 Saint Genès Champanelle

La viande rouge est régulièrement pointée du doigt pour ses effets potentiellement délétères sur la santé, notamment en raison de la lipoperoxydation des acides gras polyinsaturés. Cet article décrit les solutions, pour préserver les bénéfices nutritionnels de la viande tout en limitant ses effets pro-oxydants, notamment grâce à l'apport d'antioxydants.

Résumé

Face aux préoccupations sanitaires liées à la consommation de viande rouge, notamment à cause du fer héminique et des processus de lipoperoxydation des acides gras polyinsaturés impliqués dans le développement de certains cancers, cet article explore des stratégies d'amélioration de la qualité nutritionnelle de la viande bovine. L'élevage à l'herbe, par sa richesse en antioxydants naturels (vitamines E, bêta-carotènes, polyphénols), se révèle être une solution efficace pour enrichir la viande en acides gras polyinsaturés de type oméga-3, tout en améliorant sa stabilité et sa conservation. Le rôle des antioxydants dans la préservation des lipides et protéines musculaires, ainsi que dans l'aspect visuel de la viande sont détaillés ici en s'appuyant aussi sur des connaissances vis-à-vis de leur rôle sur sa santé humaine. L'importance du bien-être animal dans la réduction du stress oxydatif est également abordée, de même que les autres leviers disponibles en élevage, notamment l'alimentation diversifiée, les compléments nutritionnels et les pratiques de pâturage raisonné. Ces approches convergent vers une production de viande plus saine, durable, et en phase avec les attentes sociétales.

Abstract: How to improve the nutritional value of red meat by adding antioxidants.

In view of the health concerns associated with red meat consumption, notably the haem iron and lipoperoxidation of polyunsaturated fatty acids involved in the development of certain cancers, this article explores strategies for improving the nutritional quality of beef. Grass-fed farming, with its wealth of natural antioxidants (vitamins E, beta-carotenes, polyphenols), is proving to be an effective solution for enriching meat in polyunsaturated fatty acids (omega-3) while improving its stability and preservation. The article details the role of antioxidants in human health, in protecting muscle lipids and proteins, and in maintaining the visual appeal of meat. The importance of animal welfare in reducing oxidative stress is also discussed, along with other levers available in livestock farming, including diversified feed, nutritional supplements and rational grazing practices. These approaches all converge towards healthier, more sustainable meat production that meets society's expectations.

INTRODUCTION

L'élevage doit répondre à de nombreux enjeux, notamment le respect de l'environnement et du bien-être de l'animal mais aussi limiter la concurrence entre alimentation animale et humaine. Les critiques envers l'élevage et les produits animaux, jamais aussi vives, mais aussi la contraction de l'offre liée à la baisse du cheptel, expliquent que la consommation de viande rouge ait tendance à diminuer en France, avec une baisse de 3,7 % en 2023 pour les viandes de boucherie, sur fond des risques nutritionnels associés à une surconsommation de viande rouge (Agreste et FranceAgriMer, 2024).

En effet, bien que la viande rouge soit reconnue pour ses qualités nutritionnelles (notamment sa richesse en vitamines du groupe B et en fer héminique hautement biodisponible), elle fait l'objet d'une vigilance croissante de la part du corps médical et des autorités sanitaires, en raison de son association avec un risque accru de cancers colorectaux en cas de consommation excessive (Bouvard *et al.*, 2015). Ce risque est en grande partie lié à la présence de fer héminique (Fe^{2+}) dans la viande. Si ce minéral est indispensable à des fonctions vitales comme le transport de l'oxygène, sa forte réactivité chimique peut favoriser la formation d'espèces réactives de

l'oxygène (ERO), molécules instables susceptibles d'induire un stress oxydatif en endommageant lipides, protéines et ADN. Ces ERO sont particulièrement impliquées dans les réactions de lipoperoxydation, notamment responsables du développement des cancers colorectaux (Bastide *et al.*, 2015).

En réponse à cette défiance, la recherche explore différentes pistes pour améliorer le profil nutritionnel de la viande rouge, en particulier par des pratiques d'élevage innovantes et la supplémentation alimentaire des animaux.

Parmi les leviers les plus prometteurs, l'alimentation des ruminants à base d'herbe apparaît comme une solution efficace. Elle permet d'augmenter les teneurs en oméga-3 de la viande mais également en antioxydants (l'herbe étant un aliment à la fois riche en acides gras n-3 et antioxydants notamment en vitamine E, en caroténoïdes et polyphénols) et ainsi de réduire le stress oxydant et les risques associés à la lipoperoxydation *post-mortem* (la lipoperoxydation pouvant altérer la qualité des membranes cellulaires et générer des composés toxiques).

I. ROLE DES ANTIOXYDANTS : FOCUS SUR L'INTERET NUTRITIONNEL POUR L'HOMME ET POUR LA CONSERVATION DES PRODUITS CARNES

I.1. Définition des antioxydants

Un consensus obtenu en 2022 a permis de définir les antioxydants de deux manières. La première définition les décrit comme *"toute substance qui retarde, prévient ou supprime les dommages oxydatifs d'une molécule cible"* (traduit de Halliwell, 2024). La seconde précise qu'il s'agit d'une *"substance qui réagit avec un oxydant pour réguler ses réactions avec d'autres cibles, influençant ainsi les voies de signalisation biologique dépendantes de la redox et/ou les dommages oxydatifs"* (traduit de Halliwell, 2024). La principale différence entre ces définitions réside dans la prise en compte ou non des

mécanismes d'élimination des molécules endommagées par l'oxydation.

Les antioxydants jouent un rôle important dans la protection des cellules contre le stress oxydatif, qui est impliqué dans diverses pathologies, notamment les maladies cardiovasculaires, certains cancers et le vieillissement cellulaire. Parmi eux, on trouve par exemple la vitamine C, la vitamine E ou encore les polyphénols qui aident à limiter ces dommages (Figure 1).

Figure 1 : Classification des antioxydants (d'après Halliwell, 2024)

Antioxydants			
Endogènes		Exogènes	
Enzymatiques	Non enzymatiques	Lipophiles	Hydrophiles
Superoxyde Dismutase	Glutathion	Vitamine E (Groupe de 8 monophénols dont l'alpha-tocophérol le plus actif et le gamma-tocophérol le plus abondant dans l'alimentation)	Polyphénols
Glutathion Peroxydase	Albumine	Vitamine A (sous forme de rétinol notamment)	Vitamine C
Catalase		Caroténoïdes (précurseur du rétinol)	Oligoéléments (Se, Zn, ...)
Neutralisateurs enzymatiques des ERO	Neutralisateurs des ERO (donneur de charge) - Actions indirectes (inhibition de la réaction de Fenton, activation/inactivation enzymatique, renouvellement antioxydant)		

L'Homme, du fait de son régime omnivore, a la faculté de pouvoir consommer de nombreux aliments riches en antioxydants comme les carottes (pour les caroténoïdes), les agrumes (pour les vitamines C), l'huile de tournesol (pour les vitamines E), la viande rouge (pour les oligoéléments comme le sélénium), le vin rouge (pour les polyphénols) (ANSES, 2021).

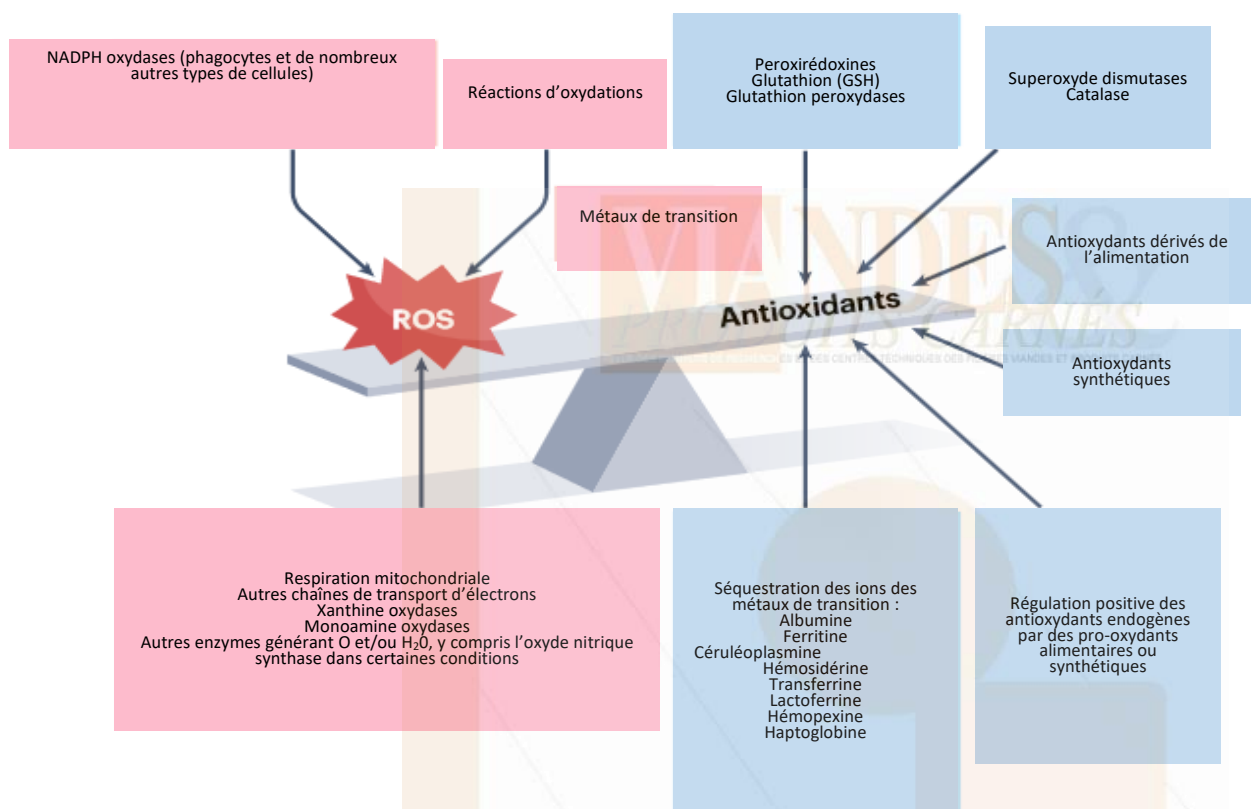
La synthèse endogène, notamment celle des enzymes antioxydantes, constitue également une source non négligeable d'antioxydants pour l'Homme. Cependant pour que ces enzymes fonctionnent correctement, des cofacteurs sont nécessaires, comme le fer ou le sélénium qui sont apportés par l'alimentation. C'est d'ailleurs pour cela que l'ANSES fait état de recommandations d'apports journaliers en vitamines et oligoéléments.

1.2. Importance des antioxydants

Les réactions d'oxydoréductions sont omniprésentes dans le vivant, mais surtout nécessaires au maintien de la vie. Ces réactions, dues à la présence d'espèces pro-oxydantes, permettent de contrer les attaques de pathogènes en les détériorant et les menant vers l'apoptose (processus physiologique de mort cellulaire programmée). Elles permettent également la régulation de nombreuses fonctions comme l'expression de gènes ou encore la phagocytose (Halliwell, 2024). L'organisme animal doit donc en permanence maintenir un équilibre (Figure. 2) entre les processus de peroxydation (dont

la proportion d'espèces pro-oxydantes) et les antioxydants. En effet, plus l'oxydation est importante, plus la production de radicaux libres augmente. Ces molécules instables, caractérisées par un électron non apparié, réagissent facilement avec d'autres composants cellulaires, ce qui intensifie les processus de peroxydation. La concentration des antioxydants qui neutralisent les radicaux libres produits, peut toutefois être rapidement insuffisante, entraînant des dommages cellulaires très délétères pour l'organisme : c'est ce qui définit le stress oxydant (Gobert *et al.*, 2013).

Figure 2 : Équilibre entre les espèces réactives de l'oxygène et les antioxydants in vivo
(adapté de Halliwell, 2024)



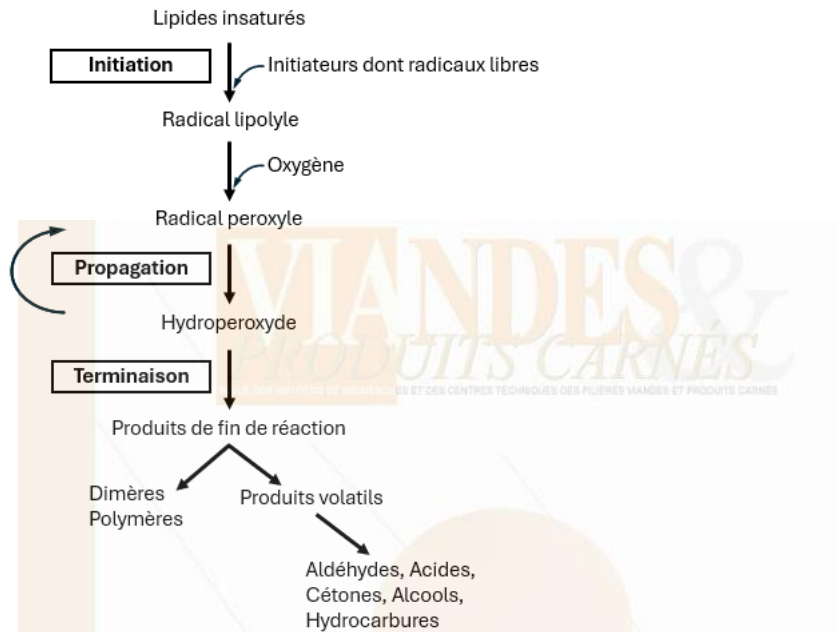
En médecine humaine, les antioxydants sont fortement étudiés car de nombreuses maladies cardiovasculaires, le diabète, le cancer ou encore les maladies neurodégénératives peuvent se développer à la suite de stress oxydants. Par exemple le radical superoxyde (O₂·-) est capable d'oxyder l'ADN créant ainsi des mutations des bases azotées, ce qui peut avoir comme conséquence le développement de cancer. Des travaux récents (Halliwell, 2024) ont bien confirmé que les antioxydants comme le glutathion et les enzymes antioxydantes réduisent la concentration en espèces réactives de l'oxygène et par ce biais, protègent l'ADN et réduisent l'incidence cancéreuse. Toutefois, si l'apport d'antioxydants peut être bénéfique en prévention, une supplémentation excessive peut s'avérer contre-productive dans certains contextes thérapeutiques, en particulier lors de traitements anticancéreux. En effet, ceux-ci reposent souvent sur une élévation ciblée des ERO pour induire l'apoptose des cellules tumorales ; des apports massifs en antioxydants risquent alors de freiner cette action et de réduire l'efficacité des traitements.

Au-delà de la santé humaine, les antioxydants jouent également un rôle clé en élevage, notamment chez les ruminants. En effet, le stress oxydant n'est pas uniquement l'affaire de la médecine humaine : il concerne aussi les animaux d'élevage (Durand *et al.*,

2022). Par exemple, les bovins sont, au cours de leur vie, exposés à de nombreux événements perturbateurs (sevrage, transport, transitions alimentaires, etc.) pouvant générer un déséquilibre oxydatif (Petcu *et al.*, 2023). Ce stress oxydant peut altérer leur santé en augmentant la susceptibilité aux maladies infectieuses ou inflammatoires, mais il affecte aussi la qualité nutritionnelle de la viande, en accélérant notamment la dégradation des acides gras polyinsaturés (AGPI) essentiels comme les oméga-3, via des phénomènes de lipoperoxydation.

Par ailleurs, certains éleveurs de bovins allaitants ont recours à des stratégies de supplémentation en AGPI n-3, recherchés pour leurs effets bénéfiques sur la santé humaine, afin d'enrichir la composition lipidique de la viande (Gladine *et al.*, 2007). Cependant, ces acides gras étant particulièrement sensibles à l'oxydation, leur incorporation dans les tissus nécessite une attention particulière à l'équilibre oxydatif de l'animal (Figure 3). Cela amène à distinguer deux niveaux de stress oxydant : celui affectant l'animal vivant, et celui qui concerne ses produits après abattage, notamment la viande. C'est justement cette distinction que Gobert *et al.* (2013) mettent en évidence lorsqu'ils proposent d'agir à la fois sur le stress oxydant des animaux d'élevage vivants eux-mêmes et sur celui leurs produits comme la viande.

Figure 3 : Réaction de lipoperoxydation
(adapté de Astruc et Santé, 2018)



C'est ainsi que l'intérêt des antioxydants prend tout son sens. L'alimentation des animaux, avec des aliments riches en antioxydants ou encore la supplémentation en compléments alimentaires, augmente le taux d'antioxydants de leurs produits et prévient, par voie de conséquence, certaines maladies ainsi que la dégradation des acides gras polyinsaturés (Daley *et al.*, 2010). Pour la viande, l'Agence Nationale de la Recherche a financé un projet nommé "SécuriViande" ou "Stratégies préventives de la cancérogenèse colorectale en production et transformation des viandes" dont le rapport a été

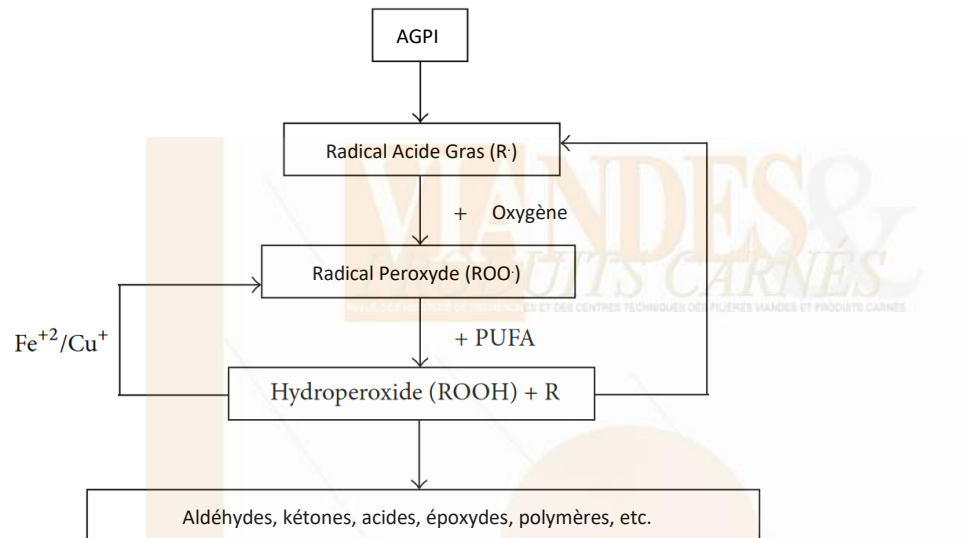
rédigé en 2016. Ce projet a permis de démontrer notamment que le fait de mariner la viande bovine avec des produits riches en antioxydants, comme le jus de grenade ou encore une marinade raisin-olive, permet de réduire significativement le taux de peroxydation luminale pour des rats chimio-induits, d'environ 2 μmol de MalonDyAldéhyde (MDA) par rapport à des viandes non marinées (Pierre *et al.*, 2016). Cet indicateur est associé à l'induction de cancers colorectaux. Ainsi, les antioxydants auraient de nombreux intérêts pour la viande, autres que la protection des AGPI.

I.3. Rôle des antioxydants dans la conservation et l'apparence visuelle de la viande

Les antioxydants jouent un rôle important dans la conservation de la viande en limitant l'oxydation des lipides mais aussi des protéines qui sont deux phénomènes majeurs responsables de la dégradation des aliments d'origine animale. La peroxydation

lipidique, en particulier, conduit à la formation de composés secondaires tels que les aldéhydes et les cétones (Figure 4) qui altèrent le goût, l'odeur et la qualité nutritionnelle de la viande (Castillo *et al.*, 2013).

Figure 4 : Mécanisme de la lipoperoxydation des acides gras polyinsaturés
(Adapté de Castillo *et al.*, 2013)



En bloquant ou en ralentissant ces réactions, les antioxydants prolongent la durée de vie des produits carnés tout en préservant leurs propriétés organoleptiques. Les antioxydants naturels comme les tocophérols (vitamine E), les polyphénols extraits de plantes sont largement étudiés et utilisés en raison de leur efficacité et de leur acceptabilité par les consommateurs soucieux d'additifs d'origine naturelle (Petcu *et al.*, 2023 ; Castillo *et al.*, 2013 ; Gobert *et al.*, 2013).

Ce rôle dans la conservation n'est pas unique, les antioxydants exercent une influence directe sur l'aspect de la viande, un critère essentiel dans l'acte d'achat. La couleur rouge vif de la viande fraîche, due à l'effet de l'oxygénation de la myoglobine, peut se dégrader en une teinte brunâtre typique d'une viande oxydée. Dans ce cas, la forme dominante de la myoglobine est la met-myoglobine, pour laquelle l'atome de fer est oxydé à l'état ferrique (Fe³⁺). Ce qui se passe au niveau physico-chimique n'est pas toujours perceptible à l'œil, mais le brunissement induit par la peroxydation peut, s'il est perçu par les consommateurs, constituer un motif de rejet. La supplémentation de la ration en vitamine E a un effet

plus modeste pour la viande bovine que pour la viande de volaille ou de porc, mais elle permet d'améliorer la présentation des produits à l'étal ainsi que leur durée de vie, même si ses effets sont variables selon le type de conditionnement considéré (Legrand et Renner, 1998 ; Gobert *et al.*, 2013). Le rôle des antioxydants dans la viande pour améliorer sa conservation et son aspect visuel doit cependant être réfléchi pour répondre aux exigences réglementaires et aux attentes sociétales.

Si les antioxydants synthétiques comme le ButylHydroxyAnisole (BHA) ou le ButylHydroxyToluène (BHT) ont longtemps été utilisés en alimentation animale en raison de leur efficacité et de leur faible coût, ils sont aujourd'hui de plus en plus remis en question pour leurs impacts potentiels sur la santé humaine (Castillo *et al.*, 2013). Cela a encouragé la recherche et le développement d'alternatives naturelles, qui non seulement répondent aux préoccupations de santé publique, mais offrent également des opportunités de valorisation des coproduits végétaux riches en composés antioxydants (Petcu *et al.*, 2023 ; Descalzo et Sancho, 2008 ; Gobert *et al.*, 2013 ; Bauchart *et al.*, 2010).

II. L'ELEVAGE A L'HERBE : UN ATOUT POUR SA RICHESSE EN ANTIOXYDANTS ?

II.1. Définition et caractéristiques de l'élevage à l'herbe

L'élevage à l'herbe est un mode d'élevage où les ruminants se nourrissent principalement avec une végétation naturelle ou cultivée, comme le raygrass, le trèfle, les graminées. Ce mode d'élevage repose sur

une certaine autonomie alimentaire des exploitations limitant le recours aux concentrés et aux céréales pouvant être importés. Les ruminants sont capables de valoriser ainsi des ressources fourragères non

consommables par l'Homme en transformant efficacement l'herbe en protéines animales, sur des territoires où l'exploitation de grandes cultures sont difficiles voire impossibles comme les zones de massifs ou de montagne.

Sur le plan environnemental, l'élevage à l'herbe contribue à la préservation des prairies permanentes, qui jouent un rôle essentiel dans la séquestration du carbone. Ces écosystèmes herbacés sont capables de fixer le dioxyde de carbone dans les sols. Ils enrichissent également la biodiversité en servant d'habitats pour de nombreuses espèces animales et végétales et permettent une meilleure gestion de l'eau (inondation, qualité des nappes phréatiques) et limitent l'érosion des sols. Les prairies sont reconnues pour rendre des services écosystémiques. Il est prouvé que l'abandon du pâturage a des effets négatifs sur la richesse des espèces et la diversité paysagère (Leroy *et al.*, 2018 ; Lindborg *et al.*, 2023).

II.2. Valeur nutritionnelle de la viande de ruminants conduits à l'herbe

La viande issue d'un élevage à l'herbe présente des caractéristiques nutritionnelles qui se distinguent et sont souvent perçues comme supérieures à celles issues des viandes en systèmes à l'auge (Nogoy *et al.*, 2021 ; Normand et Gruffat, 2023). Cette différence réside principalement dans la composition en lipides de la viande (Liu *et al.*, 2022). La viande issue d'animaux nourris à l'herbe contient une proportion plus élevée d'acides gras polyinsaturés, notamment d'oméga-3, par rapport à celle d'animaux élevés en systèmes à l'auge, avec une augmentation pouvant aller jusqu'à deux à trois fois (Nuernberg *et al.*, 2005 ; Lukic *et al.*, 2023 ; Normand et Gruffat, 2023). Toutefois, ces teneurs restent relativement faibles en valeur absolue et ne permettent pas à la viande bovine d'être considérée comme une source significative d'oméga-3 au regard des recommandations nutritionnelles. De plus, même si l'alimentation animale peut modifier la composition en acides gras de la viande, les teneurs effectivement absorbées et utilisées par l'Homme dépendent de nombreux facteurs, et la viande reste un contributeur modeste en comparaison d'autres sources. Des études chez l'Homme montrent que les profils en acides gras du tissu adipeux ou du sang peuvent servir de biomarqueurs fiables de l'apport alimentaire, mais que les contributions des viandes sont souvent faibles par rapport aux huiles de poisson ou végétales (Hodson *et al.*, 2013). Cette différence s'explique en grande partie par la teneur élevée en acide alpha-linolénique (ALA) de l'herbe, un acide gras précurseur des oméga-3 longs comme le DHA et l'EPA. En effet, environ 64 % des acides gras présents dans l'herbe sont de l'ALA, contre seulement 4 % dans l'ensilage de maïs (Nuernberg *et*

L'élevage à l'herbe a aussi l'avantage de limiter les impacts négatifs liés à l'agriculture intensive, de limiter la déforestation liée à la culture des matières premières destinées à l'alimentation animale, notamment dans les régions tropicales pour le soja par exemple. Une bonne gestion du pâturage améliore la résilience des systèmes agricoles face aux changements climatiques grâce à une meilleure gestion des cycles du carbone et de l'azote.

Enfin, ce modèle d'élevage répond à des attentes sociétales croissantes en termes de durabilité et de qualité des produits alimentaires. L'impact du bétail au pâturage est globalement bien perçu (Leroy *et al.*, 2018). Les consommateurs associent souvent cette pratique à un mode d'élevage plus respectueux de l'environnement et à des produits alimentaires de meilleure qualité. Cette perception est en partie liée aux bénéfices nutritionnels qu'apporte une alimentation à base d'herbe aux animaux, influençant la composition des viandes et des produits laitiers.

al., 2005). Ainsi, une alimentation à base d'herbe apporte davantage de substrats susceptibles d'être incorporés dans les tissus, malgré la biohydrogénation ruminale. Cependant, il est important de considérer le rôle du rumen dans la transformation des lipides alimentaires. Une grande partie des acides gras polyinsaturés ingérés subissent un processus de biohydrogénation qui les sature partiellement avant leur incorporation dans les tissus. Néanmoins, certains oméga-3 parviennent à transiter et à être stockés sans modification. De plus, la majeure partie des lipides présents dans la viande bovine provient de la synthèse *de novo* à partir des nutriments de la ration, ce qui influence grandement la composition finale des graisses déposées (Habeau *et al.*, 2008 ; Gruffat *et al.*, 2011). L'Homme doit viser un rapport oméga-6 sur oméga-3 inférieur à 4 (Kearns *et al.*, 2023) dans sa nourriture : ce rapport est considéré comme bénéfique pour la prévention des maladies cardiovasculaires, inflammatoires et métaboliques. Les produits carnés, notamment la viande bovine, présentent souvent un rapport supérieur. Mais l'herbe a tendance à permettre aux bovins d'obtenir un ratio oméga-6 sur oméga-3 convenable (< 4 ; Lukic *et al.*, 2023) et même proche de 1 lorsqu'il s'agit de pâturage sur ray-grass vivace (Kearns *et al.*, 2023).

Outre les lipides, la viande à l'herbe est une source importante de micronutriments essentiels. Elle est particulièrement riche en antioxydants comme la vitamine E et les bêta-carotènes qui se convertissent en vitamine A dans l'organisme. Les viandes issues d'un élevage à l'herbe ont une concentration 7 fois plus élevée en bêta-carotène et 3 fois plus importante

en vitamine E que les viandes conventionnelles (Daley *et al.*, 2010). Ces antioxydants sont biodisponibles pour l'Homme lorsqu'il les consomme, mais leur rôle principal reste la préservation des AGPI dont les oméga-3 lors de la conservation de la viande. En effet, l'oxydation de pièces de faux-filet est significativement plus faible lorsqu'elles sont issues d'un élevage à l'herbe plutôt qu'au grain. Cette différence a été observée chez les races Simmental et Holstein allemandes pour une durée de conditionnement sous atmosphère suroxygénée de 5 et 10 jours (Nuernberg *et al.*, 2005). Cela témoigne de la meilleure stabilité des lipides grâce à l'apport naturel en antioxydants de l'herbe.

Enfin, la richesse nutritionnelle de la viande de bovins au pâturage ne se limite pas aux lipides et aux antioxydants. Le déplacement des animaux lors du pâturage augmente la richesse en fer héminique, hautement biodisponible, et la viande issue de bovins

au pâturage reste une source de protéines de haute qualité, apportant tous les acides aminés essentiels. Si la teneur globale en protéines varie peu selon le mode d'élevage, l'exercice lié au pâturage pourrait favoriser une conversion musculaire vers un phénotype plus oxydatif (plus de fibres lentes (Cassar-Malek *et al.*, 2009), une activité aérobie accrue et une accumulation de myoglobine notamment). Ces modifications sont susceptibles d'améliorer la valeur nutritionnelle, la tendreté et potentiellement la jutosité de la viande bovine (Shibata *et al.*, 2009 ; Normand et Gruffat, 2023). Ces atouts nutritionnels positionnent la viande issue d'une conduite à l'herbe et en particulier au pâturage comme un produit d'excellence. Pour optimiser encore ces bénéfices, des stratégies visant à maximiser la teneur en antioxydants dans la viande rouge ont déjà été explorées (Gobert *et al.*, 2010 ; 2013) et doivent encore être poursuivies et optimisées.

III. STRATEGIE D'AMELIORATION ET PERSPECTIVES POUR UNE VIANDE RICHE EN ANTIOXYDANTS

III.1. Conduite du troupeau : choix de l'alimentation et utilisation de compléments alimentaires

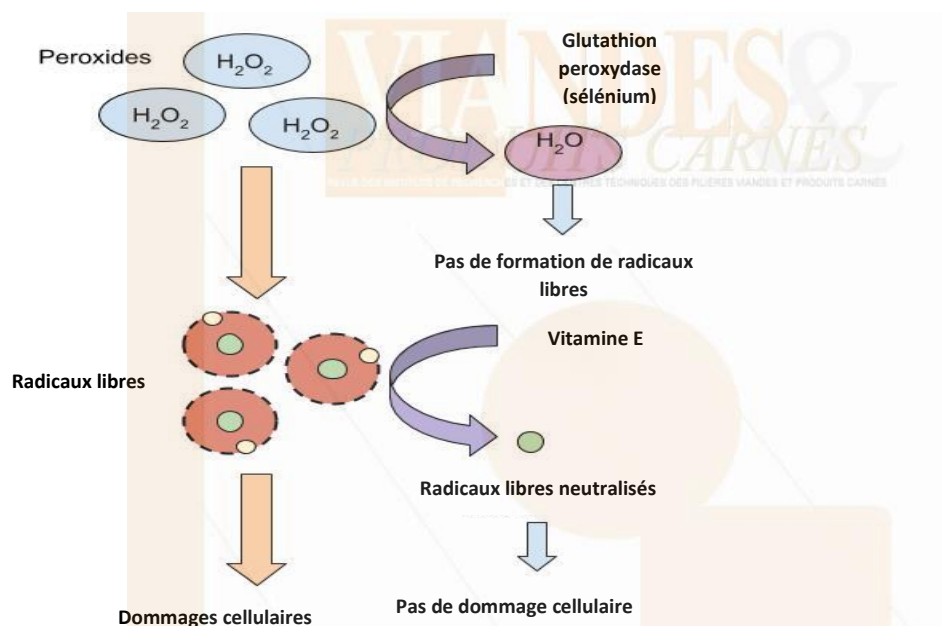
Le choix de l'alimentation est un levier important pour enrichir la viande en antioxydants naturels (Nogoy *et al.*, 2021 ; Lukic *et al.*, 2023). Une ration basée sur une diversité d'espèces végétales, riches en composés bioactifs comme le trèfle rouge, le ray-grass ou les légumineuses, peut augmenter significativement la teneur en vitamine E et en bêta-carotènes dans la viande in fine. Ces végétaux sont également des sources naturelles de polyphénols, de puissants antioxydants. Il est important de noter que la vitamine E et les polyphénols exerceraient leur fonction antioxydante en synergie : la vitamine E est un casseur de chaîne d'oxydation et les polyphénols sont des piègeurs de radicaux libre (Bauchart *et al.*, 2010). Par ailleurs, des prairies permanentes bien gérées avec du pâturage tournant par exemple, fournissent une alimentation constante en herbe fraîche, riche en antioxydants et en AGPI essentiels (Coppa *et al.*, 2011, 2015). L'importance de l'herbe fraîche, au stade feuillu notamment, est particulièrement soulignée car sa richesse en caroténoïdes, tocophérols et polyphénols est maximale avec des valeurs respectives de 841,36 mg/Kg MS, 162,9 mg/Kg MS (Matières Sèches) et 7,91 mg équivalent acide gallique/g MS (Graulet *et al.*, 2012). Ces valeurs sont de 1,2 à 2 fois plus élevées qu'au stade de floraison de l'herbe.

L'utilisation de compléments alimentaires spécifiques constitue également une stratégie prometteuse pour améliorer la richesse en antioxydants de la viande et ainsi sauvegarder ses valeurs nutritionnelles. Les huiles végétales riches en

vitamine E, comme l'huile de lin, ajoutées aux rations, peuvent augmenter la concentration en tocophérols dans les tissus musculaires (Petcu *et al.*, 2023). De plus, l'intégration d'extraits végétaux, par exemple d'origan, permet d'apporter des antioxydants exogènes capables de renforcer la stabilité lipidique de la viande. Ces compléments, outre leur efficacité prouvée, sont bien acceptés par les consommateurs lorsqu'ils sont naturels, ce qui répond aux attentes croissantes de durabilité et de sécurité alimentaire.

Une gestion adaptée de la finition des ruminants peut également optimiser la teneur en antioxydants de la viande. Par exemple, une phase de pâturage prolongée avant l'abattage maximise le transfert des micronutriments des fourrages aux tissus musculaires. En complément, la modulation des apports en oligo-éléments, tel le sélénium (Figure 6), peut renforcer l'activité enzymatique antioxydante chez l'animal, notamment par l'activation des systèmes de défense induits comme la glutathion peroxydase. Le sélénium peut aussi agir en synergie avec la vitamine E (Castillo *et al.*, 2013). Ainsi, O'Grady *et al.* (2001) ont pu mettre en évidence que la supplémentation combinée en sélénium organique et en vitamine E améliorerait la stabilité oxydative de la viande bovine, réduisant ainsi la peroxydation lipidique et améliorant la qualité de la viande. Toutefois, les stratégies de réduction du stress oxydatif en amont de l'abattage apparaissent aujourd'hui comme des leviers complémentaires à la supplémentation.

Figure 6 : Rôle du sélénium dans la neutralisation des radicaux libre
(Adapté de Calabrese, 2017)



3.2. L'amélioration de la viande passe aussi par d'autres facteurs de conduite : focus sur le bien-être animal

Le bien-être animal est un facteur essentiel qui influence la qualité de la viande. En effet, les animaux d'élevage sont régulièrement confrontés à des situations stressantes et d'autres plus agréables, ce qui illustre la variabilité du bien-être animal au cours de leur vie, oscillant entre des périodes de stress et des moments plus favorables (Botreau *et al.*, 2024). Les situations stressantes déclenchent des réactions de stress oxydant dans l'organisme, favorisant les processus de peroxydation. Elles peuvent provenir de chocs « émotionnels » comme les confinements, le transport et le stress de l'abattage (Durand, 2024). Un transport prolongé, des manipulations brutales ou des techniques d'abattage inadéquates augmentent les niveaux de cortisol et d'adrénaline, entraînant une dégradation rapide des lipides et une mobilisation importante des antioxydants *post-abattage*. Cette mobilisation vient alors diminuer le stock d'antioxydants disponibles pour la protection des acides gras polyinsaturés essentiels présents dans la viande, ce qui n'est pas dans l'intérêt du consommateur, ni donc du transformateur.

La mise en place de protocoles visant à limiter ces sources de stress, comme l'adaptation des temps de transport, le respect des temps d'attente en bouverie, l'accès à l'eau et un étourdissement efficace, contribue non seulement à améliorer le bien-être des animaux, mais aussi à favoriser un pH ultime optimal. Ce pH ultime adéquat permet alors d'obtenir une

viande mieux préservée dont l'apparence sera plus attrayante pour les consommateurs et sa stabilité oxydative améliorée. Les protocoles de respect du bien-être animal ne se limitent pas à la période d'abattage mais concernent aussi le développement de l'individu en élevage. Un environnement enrichi (sur les plans sensoriel, social, spatial et/ou encore alimentaire) permet aux animaux d'exprimer des comportements naturels et favorise également leur état général et leur métabolisme. Par exemple, l'élevage au pâturage permet aux animaux d'exprimer pleinement leur comportement naturel. Ajouter des brosses pour les vaches, limiter le chargement des prairies, permettre l'accès à une zone ombragée et de bonnes conditions sanitaires, sont des éléments qui vont dans le sens du bien-être animal et donc vers une réduction du stress (Botreau, 2024).

En intégrant le bien-être animal dans la gestion des troupeaux, les éleveurs participent à une production durable qui répond aux attentes éthiques et nutritionnelles des consommateurs. Les démarches de certification (Label Rouge, Agriculture Biologique, ou d'autres labels garantissant un élevage respectueux de l'animal) valorisent ces pratiques en renforçant la traçabilité et la confiance du consommateur. En ce sens, le bien-être animal n'est pas seulement un enjeu étique, mais s'avère être un levier stratégique pour améliorer la qualité globale de la viande.

CONCLUSION

Les antioxydants jouent un rôle fondamental dans la santé humaine et animale. Présents dans une grande diversité de sources, ils offrent des apports variés et complémentaires, indispensables pour limiter les effets du stress oxydant auquel les organismes sont soumis. Lorsque leur concentration est insuffisante, augmenter leur apport devient crucial. Les rations à base d'herbe, enrichies ou non par des compléments alimentaires naturels, se révèlent particulièrement efficaces pour augmenter la teneur en acides gras polyinsaturés essentiels, comme les oméga-3. Elles permettent également une augmentation significative des niveaux d'antioxydants exogènes tels que les vitamines E et A, le sélénium et les polyphénols. Ces antioxydants assurent une double fonction : protéger les AGPI présents dans la viande et contribuer à limiter l'oxydation, ce qui peut potentiellement prolonger sa conservation et préserver son aspect

visuel, un critère essentiel à la commercialisation. Toutefois, les effets observés sur la viande de gros bovins restent variables selon les conditions d'élevage, d'alimentation et de transformation. Des études montrent des résultats plus marqués pour d'autres espèces animales, notamment la volaille et le porc, où l'impact sur la qualité commerciale est mieux établi. Par ailleurs, des pratiques simples, comme le pâturage tournant ou le respect du bien-être animal, renforcent les bénéfices nutritionnels apportés par une alimentation basée sur l'herbe. Enfin, les recherches sur les antioxydants sont en constante évolution. Elles ouvrent des perspectives prometteuses pour améliorer encore l'efficacité des protections qu'elles offrent, tant au niveau de la santé des Hommes et des animaux que de la qualité des produits destinés à la consommation humaine.

References :

- Agreste, FranceAgriMer (2024). Baisse de la consommation de viande en France en 2023 [en ligne]. FRANCE. https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/download/publication/publie/SynCsm24424/consyn424202406-ConsoViande_V2.pdf [Consulté le 1 janvier 2025].
- ANSES (2021). Les références nutritionnelles en vitamines et minéraux. Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail [en ligne]. 23 avril 2021. [Consulté le 1 janvier 2025]. Disponible à l'adresse : <https://www.anses.fr/fr/content/les-references-nutritionnelles-en-vitamines-et-mineraux>
- Astruc T., Santé-Lhoutellier V. (2018). Transformation du muscle en viande, maturation et conservation des viandes. Dans : Ellies-Oury M.P. et Hocquette J.F. (Ed.), La chaîne de la viande bovine - production, transformation, valorisation et consommation, Paris, Lavoisier, "Collection Tec et Doc", 83-98.
- Bastide N.M., Chenni F., Audebert M., Santarelli R.L., Taché S., Naude N., Baradat M., Jouanin I., Surya R., Hobbs D.A., Kuhnle G.G., Raymond-Letron I., Gueraud F., Corpet D.E., Pierre F.H.F. (2015). A Central Role for Heme Iron in Colon Carcinogenesis Associated with Red Meat Intake. *Cancer Research*, 75, 5, 870-879.
- Bauchart D., Gobert M., Habeanu M., Parafita É., Gruffat D., Durand D. (2010). Influence des acides gras polyinsaturés n-3 et des antioxydants alimentaires sur les acides gras de la viande et la lipoperoxydation chez le bovin en finition. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 45, 6, 301-309.
- Bernard M., Coulon J.B., Josien E., Veissier I., Boyer F. (2018). Le concept de service écosystémique - Innov'Herbe. [Consulté le 1 janvier 2025]. Disponible à l'adresse : <https://innovherbe.bu.uca.fr/impacts-positifs-negatifs-elevage/concept-service-ecosystemique>
- Bouvard V., Loomis D., Guyton K.Z., Grosse Y., Ghissassi F.E., Benbrahim-Tallaa L., Guha N., Mattock H., Straif K., Corpet D.E. (2015). Carcinogenicity of consumption of red and processed meat. *The Lancet Oncology*, 16, 16, 1599-1600.
- Calabrese A. (2017). 8.7 Sélénium | Nutrition LibreTexts. [en ligne]. [Consulté le 1 janvier 2025]. Disponible à l'adresse : <https://courses.lumenlearning.com/suny1tnutrition/chapter/selenium/>
- Cassar-Malek I., Jurie C., Bernard C., Barnola I., Micol D., Hocquette J.F. (2009). Pasture-feeding of charolais steers influences skeletal muscle metabolism and gene expression. *Journal of Physiology Pharmacology*, 60, Suppl 2, 83-90.
- Castillo C., Pereira V., Abuelo Á., Hernandez J. (2013). Effect of Supplementation with Antioxidants on the Quality of Bovine Milk and Meat Production. *The Scientific World Journal*, 616098.
- Coppa M., Chassaing C., Ferlay A., Agabriel C., Laurent C., Borreani G., Barcarolo R., Baars T., Kusche D., Harstad O.M., Verbic J., Golecky J., Delavaud C., Chilliard Y., Martin B. (2015). Potential of milk fatty acid composition to predict diet composition and authenticate feeding systems and altitude origin of European bulk milk. *Journal of Dairy Science*, 98, 3, 1539-1551.
- Coppa M., Martin B., Prdael P., Leotta B., Priolo A., Vasta V. (2011). Effect of a Hay-Based Diet or Different Upland Grazing Systems on Milk Volatile Compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59, 9, 4947-4954.

Daley C.A., Abbott A., Doyle P.S., Nader G.A., Larson S. (2010). A review of fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef. *Nutrition Journal*, 9, 10.

Descalzo A.M., Sancho A.M. (2008). A review of natural antioxidants and their effects on oxidative status, odor and quality of fresh beef produced in Argentina. *Meat Science*, 79, 3, 423-436.

Durand D., Collin A., Merlot E., Baéza E., Guilloteau L.A., Le Floc'h N., Thomas A., Fontagné-Dicharry S., Gondret F. (2022). Review: Implication of redox imbalance in animal health and performance at critical periods, insights from different farm species. *Animal*, 16, 6, 100543.

Durand D., Damon M., Gobert M. (2013). Le stress oxydant chez les animaux de rente : principes généraux. *Cahiers de nutrition et de diététique*, 48, 5, 218-224.

Gladine C., Morand C., Rock E., Bauchart D., Durand D. (2007). Plant extracts rich in polyphenols (PERP) are efficient antioxidants to prevent lipoperoxidation in plasma lipids from animals fed n-3 PUFA supplemented diets. *Animal Feed Science and Technology*, 136, 3-4, 281-296.

Gobert M., Gruffat D., Habeau M., Parafita E., Bauhart D., Durand D. (2013). Plant extracts combined with vitamin E in PUFA-rich diets of cull cows protect processed beef against lipid oxidation. *Meat Science*, 85, 4, 676-683.

Gobert M., Damon M., Durand D. (2013). Stress oxydant et qualités nutritionnelles des produits animaux. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 48, 5, 225-232.

Graulet B., Piquet M., Duriot B., Pradel P., Hulin S., Cornu A., Portelli J., Martin B., Farrugia A. (2012). Variations des teneurs en micronutriments de l'herbe de prairies de moyenne montagne et transfert au lait. *Fourrages*, 209, 59-68.

Gruffat D., Gobert M., Durand D., Bauchart D. (2011). Distinct metabolism of linoleic and linolenic acids in liver and adipose tissues of finishing Normande cull cows. *Animal*, 5, 7, 1090-1098.

Habeau M., Durand D., Gobert M., Bauchart D. (2008). Lipids and fatty acid composition of Longissimus thoracis and Semitendinosus muscles in finishing Normand cows. *Archiva Zootechnica*, 11, 4, 21-29.

Halliwell B. (2024). Understanding mechanisms of antioxidant action in health and disease. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 25, 1, 13-33.

Kearns M., Ponnampalam E.N., Jacquier J.-C., Grasso S., Boland T.M., Sheridan H., Monahan H.J. (2023). Can botanically-diverse pastures positively impact the nutritional and antioxidant composition of ruminant meat? – Invited review. *Meat Science*, 197, 109055.

Legrand I., Renner M. (1998). Améliorer la conservation des viandes. Supplémenter les animaux en vitamine E. *Viandes Prod. Carnés*, 19(2), 99-104.

Leroy G., Hoffmann I., From T., Hiemstra S.J. et Ganini G. (2018). Perception of livestock ecosystem services in grazing areas. *Animal*, 12, 12, 2627-2638.

Lindborg R., Bernués A., Hartel T., Helm A., Ripoll-Bosch R. (2023). Services écosystémiques fournis par les prairies semi-naturelles et améliorées - synergies, compromis et bouquets de services. *Fourrages*, 253, 13-22.

Liu J., Ellies-Oury M.P., Pannier L., Gruffat D., Durand D., Noel F., Sepchat B., Legrand I., Prache S., Hocquette J.F. (2022). Carcass Characteristics and Beef Quality of Young Grass-Fed Angus x Salers Bovines. *Foods*, 2022, 11, 16, 2493.

Lukic M., Simunovic S., Simunovic S. (2023). Nutritional approaches to enhance fatty acid composition of beef: a review. *Meat Technology*, 64/2, 189-193.

Nogoy K.M.C., Sun B., Shin S., Lee Y., Zi Li X., Choi S.H., Park S. (2021). Fatty Acid Composition of Grain- and Grass-Fed Beef and Their Nutritional Value and Health Implication. *Food Science off Animal Ressources*, 42, 1, 18-33.

Normand J., Gruffat D. (2023). L'engraissement des bovins avec des rations à base d'herbe améliore la qualité nutritionnelle des acides gras de leur viande. *Cahiers Nutrition et Diététique*, 58, 1, 53-69.

Nuernberg K., Dannenberger D., Nuernberg G., Ender K., Voigt J., Scollan N., Nute G.R., Richardson R.I. (2005). Effect of a grass-based and a concentrate feeding system on meat quality characteristics and fatty acid composition of longissimus muscle in different cattle breeds. *Livestock Production Science*, 94, 1-2, 137-147.

O'Grady M.N., Monahan F.J., Fallon R.J., Allen P. (2001). Effects of dietary supplementation with vitamin E and organic selenium on the oxidative stability of beef. *Journal of Animal Science*, 79, 11, 2827-2834.

Petcu C.D., Mihai O.D., Tapaloaga D., Gheorghe-Irimia R.A., Pogurschi E.N., Militaru M., Borda C., Ghimpeteanu O.M. (2023). Effects of Plant-Based Antioxidants in Animal Diets and Meat Products: A Review. *Foods*, 12, 6, 1334.

Pierre F. (2016). Stratégies préventives de la cancérogenèse colorectale en production et transformation des viandes. Agence nationale de la recherche [en ligne]. <https://anr.fr/Projet-ANR-10-ALIA-0014>

Shibata M., Matsumoto K., Oe M., Ohnishi- Kameyama M., Ojima K., Nakajima I., Muroya S., Chikuni K. (2009). Differential expression of the skeletal muscle proteome in grazed cattle. *Journal of Animal Science*, 87, 2700-2708.